COMUNE DI SETTIMO MILANESE

CITTÀ METROPOLITANA DI MILANO

Committente

Equinix Italia s.r.l.

Realizzazione nuovo Data Center
ML5 Building 2

Studio geologico ai sensi delle NTC 2018 (D.M. 17.01.2018) e della Normativa antisismica regionale (L.R. 33 del 12.10.2015 e DGR X/ 5001 del 30.03.2016)

Bergamo 08.06.2020

Arnaldo Zanchi Geologo

ORDINE dei GEOLOGI della LOMBARDIA
ZANCHI ARNALDO N° 833

1. PREMESSA 4
2. DOCUMENTAZIONE CONSULTATA 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO 6
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE 6
3.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 7
3.3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO 8
3.3.1. Supersintema di Besnate 8
3.3.2. Unità di Minoprio 8
3.4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 11
3.4.1. Modello Idrogeologico Regionale 11
3.4.2. Serie Idrogeologica per la Media Pianura Lombarda 11
3.4.3. Caratterizzazione Idrogeologica nel Territorio Comunale 12
3.4.4. Piezometria e Soggiacenza Della Falda Acquifera 13
4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO 14
4.1. MACROZONAZIONE SISMICA 14
4.2. CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO 14
5. PERICOLOSITÀ SISMICA 16
5.1. VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO 16
5.2. STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI RITORNO E PERIODO DI RIFERIMENTO 17
5.3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE 19
5.4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO 22
5.4.1. Coefficienti Sismici 22
5.4.2. Stabilità dei Pendii e Fondazioni 22
5.4.3. Fronti di Scavo e Rilevati 23
5.5. RISULTATI 23
5.5.1. Pericolosità Sismica di Base 23
5.5.2. Pericolosità Sismica di Sito 25
5.5.2.1. Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni 25
5.5.2.2. Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali 25
5.5.2.3. Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali 26
6. PERICOLOSITÀ SISMICA AI SENSI DELLA DGR IX/2616 DEL 30.11.2016....26
6.1. ANALISI DI SECONDO LIVELLO 27
6.1.1. Profilo Sismico di Riferimento 27
6.1.2. Periodo Proprio di Sito 28
6.1.3. Calcolo del Fattore d'Amplificazione 28
7. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA CON IL PGT 30
7.1. CARTA DEI VINCOLI 30
7.2. CARTA DELLA FATTIBILITÀ PER LE AZIONI DI PIANO 32

8. INDAGINI DI SITO E DI LABORATORIO 33
8.1. INDAGINI DI SITO E LABORATORIO 2018 34
8.1.1. Indagini di Sito 34
8.1.2. Indagini di Laboratorio 34
8.2. INDAGINI DI SITO 2019 34
8.2.1. Indagini di Sito 34
8.3. INDAGINI DI SITO 2020 34
8.3.1. Indagini di Sito 34
8.4. PROFILO LITOSTRATIGRAFICO 35
8.5. LIVELLO PIEZOMETRICO 35
9. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE 35
10. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 37
10.1. PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI 37
10.2. LIVELLO DI FALDA 38

1. PREMESSA

Come richiesto dalla Committente per il sito interessato dal progetto per il nuovo Data Center Building 2 nel Comune di Settimo Milanese, è stata redatta la presente relazione geologica ai sensi del paragrafo 6.2.1 delle NTC 2018 e della D.G.R. 2616/2011.

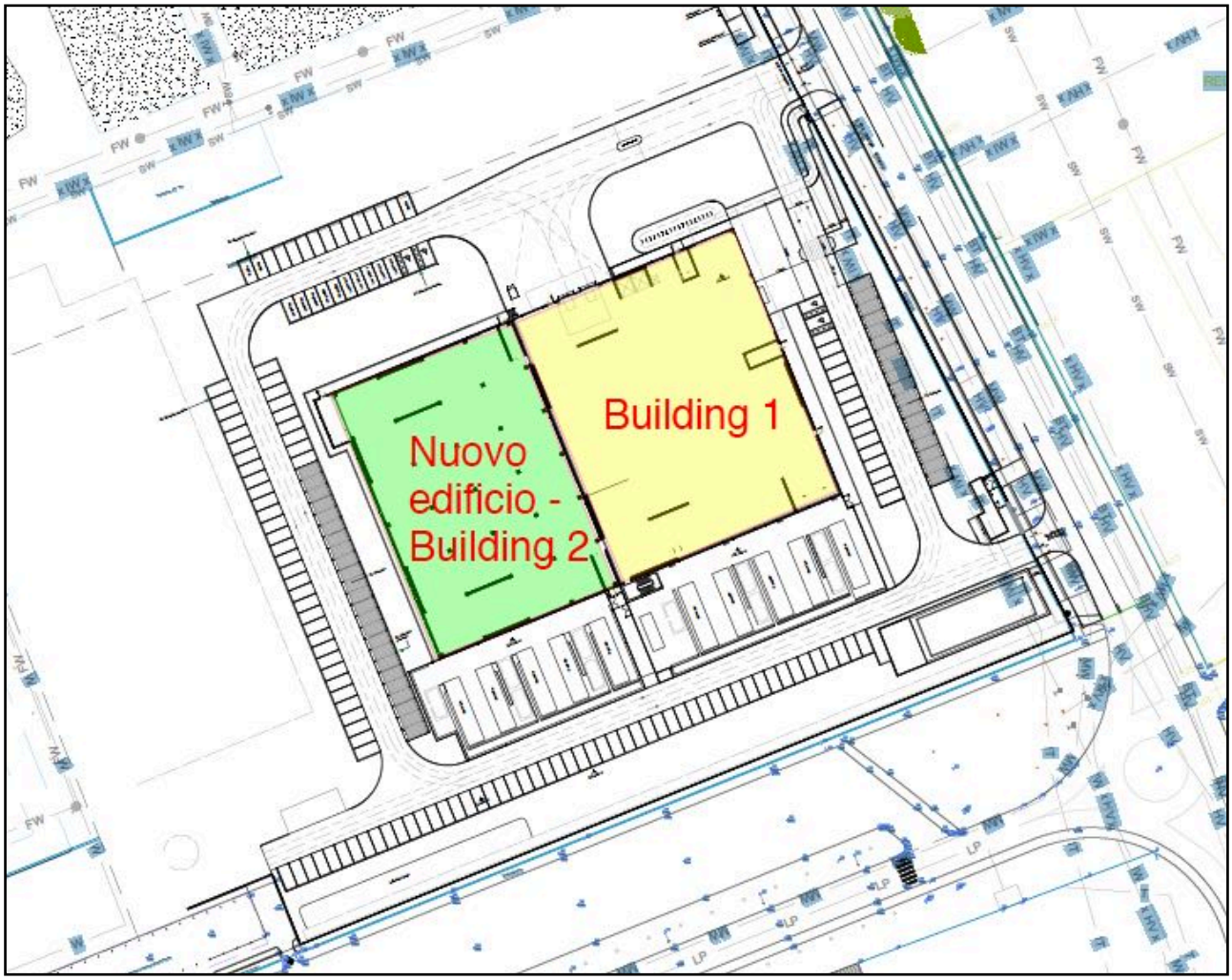


Fig. 1: Layout di progetto con il nuovo edificio Building 2 ML5

2. DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

- Istruzioni per l'applicazione delle NTC 2018 (Circolare n 7 del 21 Gennaio 2019)
- Nuove norme tecniche delle costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018);
- D.g.r. 30 marzo 2016 - n. X/5001 Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015);
- D.g.r. 30 novembre 2011 - n. IX/2616 Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374;
- Istruzioni per l'applicazione delle NTC 2008 (Circolare n 617 del 2 Febbraio 2009);

- Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (OPCM n.3519 del 28/04/2006);
- Comune di Settimo Milanese - Aggiornamento dello Studio geologico di supporto allo strumento urbanistico regionale (P.G.T.) -L.R. n. 12 /2005 D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 (26/02/2009);
- MGS S.r.l.s. - Indagine geotecnica e sismica Rapporto descrittivo - Agosto 2018;
- Ingegneri Consulenti Sr- - ML5.1 - Riba5 -Relazione geotecnica - 22 luglio 2019;
- Geoser Srl - Esecuzione d'indagini geognostiche per la realizzazione del nuovo Data Center ML5.1 in via R. Romoli a Settimo Milanese - Giugno 2019.
- Geoser Srl - Esecuzione di indagine geognostica presso stabilimento EQUINIX in Via Reiss Romoli a Settimo Milanese (MI) - Maggio 2020.

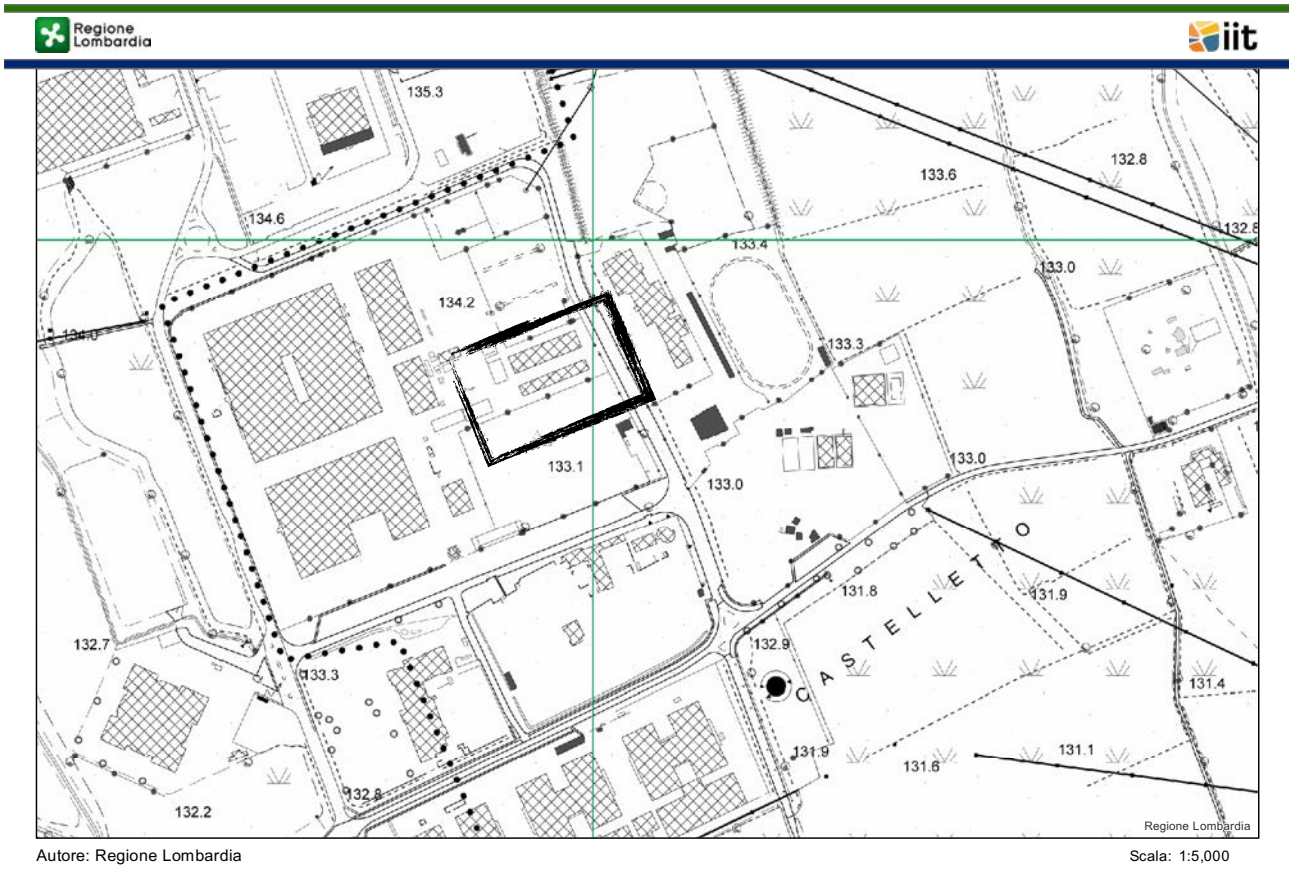


Fig. 2: Corografia su Carta tecnica Regionale

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Il territorio del Comune di Settimo Milanese si trova nel settore centro-occidentale della Pianura Padana e più precisamente nelle fascia della "media pianura" lombarda.

L'assetto geologico di gran parte della Pianura Padana è rappresentato dalla sovrapposizione di una coltre di sedimenti depositatasi in ambiente continentale che raggiunge nella zona assiale anche 200÷300 metri di spessore e che poggia su di un substrato marino piegato e fagliato.

L'evoluzione geologica pliocenico quaternaria del bacino padano può essere schematizzata in tre diverse fasi che si succedettero nei seguenti intervalli temporali: Pliocene superiore-Pleistocene inferiore, Pleistocene e Olocene.

Dal Pliocene superiore al Pleistocene inferiore si verificò una fase di regressione marina coincidente con il sollevamento della pianura che iniziò nel Piemonte occidentale e si estese gradualmente in direzione orientale. Tale evento portò all'emersione di un'area che era delimitata verso est grossomodo da una linea congiungente il Bresciano con il Pavese occidentale. Nella restante parte di pianura si ebbero temporanee emersioni durante le glaciazioni ma la sedimentazione sostanzialmente avvenne in ambiente marino fino ad epoca recente in quanto il sollevamento fu meno accentuato rispetto al settore occidentale.

Le caratteristiche litologiche e tessiturali dei depositi del Villafranchiano comprendenti limi, sabbie fini e argille con frequenti torbe e bancate grossolane oppure estesi livelli di sabbie, testimoniano che nel settore occidentale della Pianura Padana la sedimentazione avvenne in ambienti continentali, comprendenti piane alluvionali, bacini lacustri, delta fluviali e pianure costiere.

L'unità villafranchiana è stata quindi sottoposta ad un marcato sollevamento ed è stata parzialmente erosa e profondamente incisa. La superficie erosionale è stata successivamente ricoperta dai sedimenti fluvioglaciali e alluvionali del Pleistocene superiore e dell'Olocene attualmente affioranti nella Pianura Padana.

Il Pleistocene fu caratterizzato da intense variazioni climatiche legate al verificarsi delle glaciazioni che comportarono l'alternarsi di processi di deposizione e di erosione. In questa seconda fase, durante gli episodi glaciali del Mindel, del Riss e del Wurm si depositò una vasta coltre di sedimenti fluvioglaciali, mentre i sedimenti alluvionali risultano associati alla presenza di ghiacciai in fase di ritiro. In concomitanza alla presenza di ghiacciai in espansione, i corsi d'acqua svolgevano prevalentemente un'azione di trasporto e deposizione dei materiali originati dalla progressiva disgregazione delle catene alpina e appenninica, mentre nelle epoche post-glaciali i fiumi approfondivano ed ampliavano il loro corso erodendo in parte i sedimenti precedentemente deposti.

In corrispondenza del limite raggiunto dai ghiacciai nelle diverse epoche, le morene frontali ricoprirono i depositi fluvioglaciali e affiorano estesamente tuttora verso i margini pedemontani della pianura.

L'ultima fase evolutiva della Pianura Padana coincide con il sollevamento e la progressiva emersione del settore orientale e con la deposizione dei sedimenti

alluvionali olocenici, costituiti prevalentemente da sabbie, ghiaie e limi con lenti argillose. L'alternanza di episodi di piena e di magra dei corsi d'acqua ha comportato il succedersi di fasi di deposito e di erosione, e queste ultime, in combinazione con fenomeni di divagazione fluviale, hanno determinato la presenza di numerose discontinuità stratigrafiche sia verticali che laterali nei sedimenti alluvionali.

Nella figura successiva viene riportato il classico schema delle principali unità geologiche che costituiscono la Pianura Padana proposta da Francani nel 1997. In giallo è evidenziato il fluvioglaciale del wurm che corrisponde alle nuove unità allostratigrafiche di cui fanno parte anche quelle che verranno descritte nel successivo capitolo Inquadramento stratigrafico.

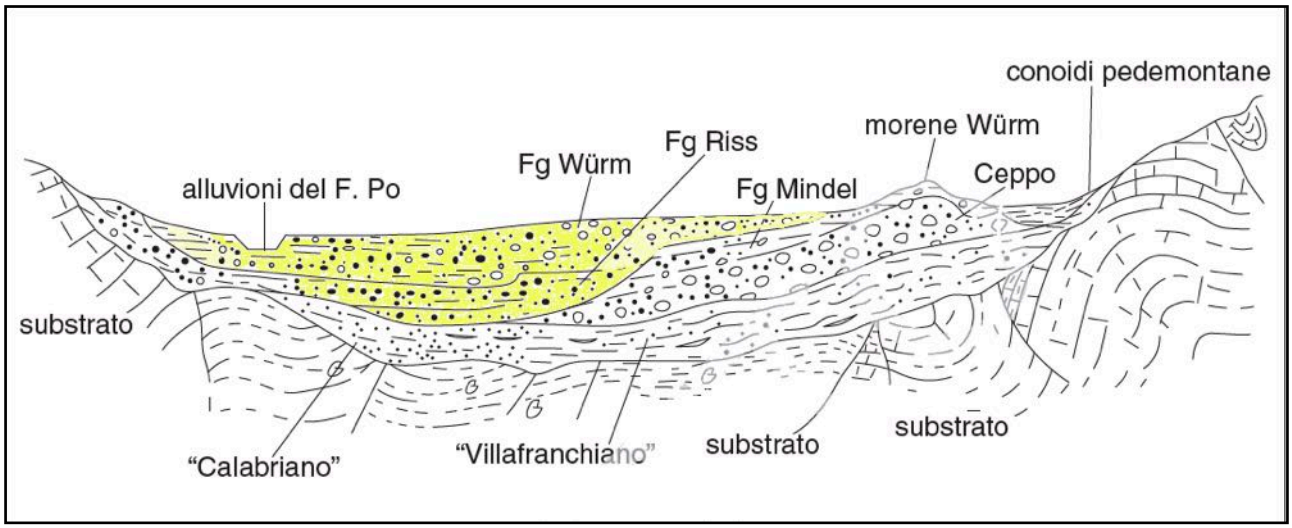


Fig.3: Schema geologico della pianura padana di Francani 1997

3.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio del Comune di Settimo Milanese si presenta mediamente pianeggiante e caratterizzato da un gradiente altimetrico in direzione SE sostanzialmente costante e pari allo 0,36%; le quote altimetriche risultano comprese tra 144,00 ed i 125,00 m s.l.m.

La morfologia di tale area, sebbene pianeggiante, è caratterizzata da lievi ondulazioni naturali della superficie topografica, rappresentate da dossi e depressioni, e da elementi morfologici di origine antropica.

Il paesaggio della zona in esame è il risultato di azioni morfogenetiche diverse, tra cui antichi processi di deposito fluviale e fluvioglaciale ai quali sono seguiti processi di erosione meteorica.

Infine, l'intervento antropico ha completato la trasformazione del territorio, oltre che con l'urbanizzazione, che ha comportato la modificazione della superficie topografica con operazioni di scavo-riporto e/o la sua copertura con costruzioni, con la realizzazione di infrastrutture e di opere di irrigazione.

3.3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

Dalla Carta geologica d'Italia 1:50.000, foglio n. 118 - Milano, l'area di Settimo Milanese interessata dal progetto Equinix presenta come terreni di fondazione i depositi fluvioglaciali dell'Unità di Minoprio appartenente al Supersintema di Besnate.

3.3.1. Supersintema di Besnate

Il supersintema di Besnate è costituito esclusivamente da depositi fluvioglaciali, caratterizzati da profili d'alterazione moderatamente evoluti, che strutturano gran parte della pianura del settore centro occidentale di Milano. In base alle relazioni morfologiche, esso è stato suddiviso in numerose unità, leggermente differenti per sequenze sommitali, suoli supportati e composizione petrografica.

Nonostante l'elevato numero di unità riconosciute, la litologia è alquanto omogenea, differendo in parte per le unità di Minoprio e Guanzate che, occupando aree molto estese, presentano una certa variabilità nelle sequenze sommitali.

Il supersintema di Besnate, con le eccezioni sopracitate, è costituito da depositi fluvioglaciali: ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa o sabbioso limosa, da massive a grossolanamente stratificate; ghiaie a supporto di matrice; sabbie medie e grossolane. Clasti poligenici da arrotondati a subarrotondati, in prevalenza centimetrici.

Il supersintema di Besnate è un'unità polifasica pre-LGM. Per quanto riguarda l'area in oggetto, le relazioni sono state stabilite in base alle relazioni geometriche e morfologiche con le fronti glaciali immediatamente esterne a quelle più recenti dell'anfiteatro canturino. Nell'area del Verbano, la radiodatazione di suoli sepolti attribuiti a questo supersintema ha fornito età comprese tra 26.500 e 32.200 anni 14C (da Rold, 1990) . Pertanto, il supersintema di Besnate viene attribuito all'intervallo tardo Pleistocene medio - Pleistocene superiore.

3.3.2. Unità di Minoprio

L'unità è costituita da depositi fluvioglaciali: ghiaie a supporto clastico; matrice sabbiosa e sabbioso limosa. Clasti arrotondati/subarrotondati, in prevalenza centimetrici (dimensioni più frequenti tra 1-5 cm; dimensione massima osservata 20 cm circa). Ghiaie da massive a grossolanamente stratificate. Sono discontinuamente presenti sedimenti fini rubefatti a clasti sparsi, che costituiscono il riempimento di canali incisi nelle ghiaie, fluitato dai suoli delle superfici circostanti. La composizione petrografica è dominata da rocce endogeno-metamorfiche e da rocce ipoabissali/ vulcaniche, con quantità subordinate di rocce terrigene, a cemento quasi esclusivamente carbonatico e quantità variabili di quarzo e selci; le rocce carbonatiche pure sono assenti. Le litologie marker (porfidi rosa e vulcaniti) indicano un'alimentazione da parte del bacino del Fiume Olona .

La superficie limite è di difficile caratterizzazione per la differenziazione delle sequenze sommitali che seppelliscono le ghiaie.

I caratteri distintivi dei suoli vanno ricercati dove le ghiaie affiorano direttamente o sono coperte da sottili livelli colluviali. Si osservano Alfisuoli con spessori medi attorno a 1,5 m, a matrice prevalentemente limoso sabbiosa, moderatamente rubefatta. L'alterazione interessa le rocce terrigene carbonatiche (sempre decarbonatate), le

vulcaniti (50% facilmente frantumabili a mano) e i porfidi; poco o non alterate le rocce cristalline.

Il limite superiore coincide in parte con la superficie topografica, in parte con una superficie erosionale su cui poggiano le ghiaie del sintema di Cantù, le sequenze sabbiose e limoso argillose del subsintema di Ronchetto delle Rane e depositi fluviali del sintema del Po (unità postglaciale). Il limite inferiore è una superficie erosionale, che taglia le unità di Sumirago e Cadorago .

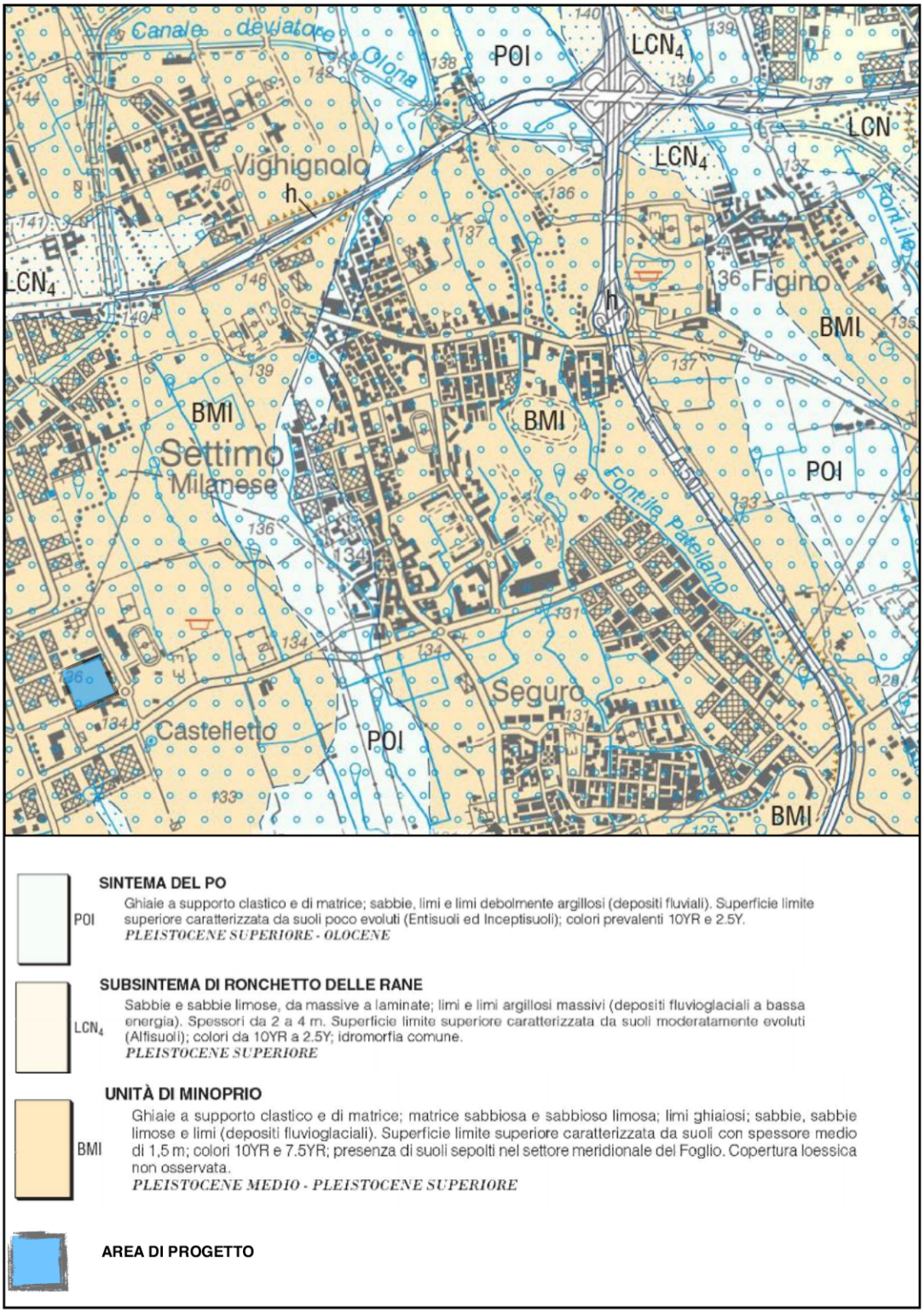


Fig. 4: Estratto dal foglio 118 - Milano della Carta Geologica d'Italia 1:50.000

Considerano lo studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale i terreni di fondazione appartengono alla Litozona Ghiaioso-sabbiosa posta fra il piano campagna ed i 100.00÷120.00 m di profondità, costituita da depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi con ciottoli in frazione limoso-argillosa. Si riscontra la presenza di strati poco potenti o di lenti costituiti da materiale più grossolani privi di frazione fine limoso-argillosa. Alla profondità di circa 60.00÷65.00 m è presente uno strato sempre riconoscibile costituito da argilla gialla della potenza variabile fra i 5.00 ed i 10.00 m.

Al di sotto di tale profondità si osserva una alternanza di depositi sabbioso-ghiaiosi, con potenze fino a 10.00 m e depositi argillosi o argilloso-sabbiosi con potenza equivalente. Alla base di questa Litozona è presente uno strato di argilla limosa, azzurra o varicolori, talora torbosa, di potenza compresa fra 7.00 m e 10.00 m.

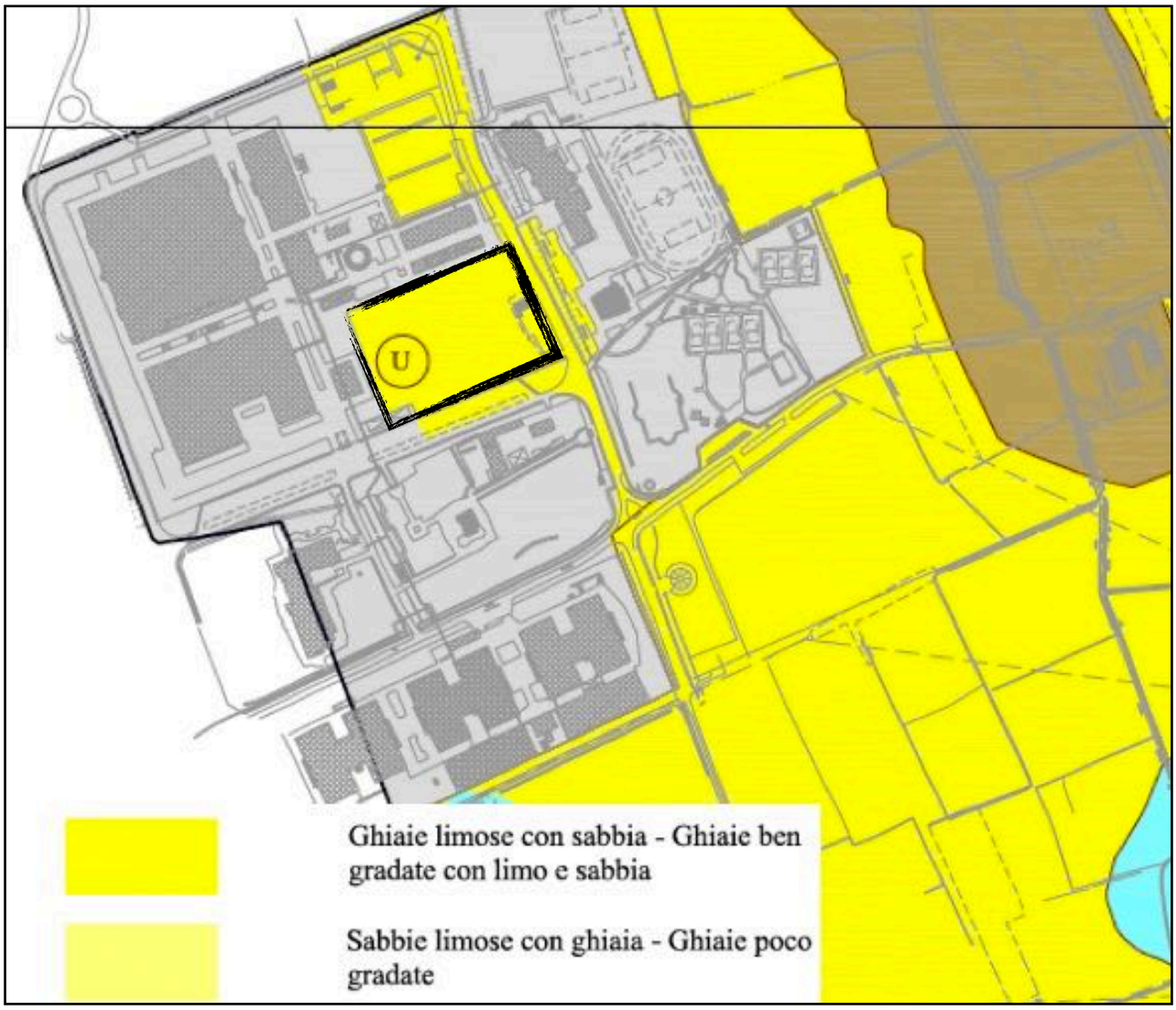


Fig.5: Estratto della tav. Geolitologica del PGT comunale di Settimo milanese.

3.4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

3.4.1. Modello Idrogeologico Regionale

Nel presente paragrafo viene illustrato a carattere generale il modello idrogeologico per la pianura lombarda così come proposto dalla Regione Lombardia nel suo Rapporto sullo stato dell'ambiente in Lombardia nel 2001.

In questo modello si definiscono tre acquiferi principali indicati come "superficiale" o primo acquifero, "tradizionale" o secondo acquifero e acquifero "profondo" poggianti su un substrato roccioso terziario formato da depositi marini poco permeabili.

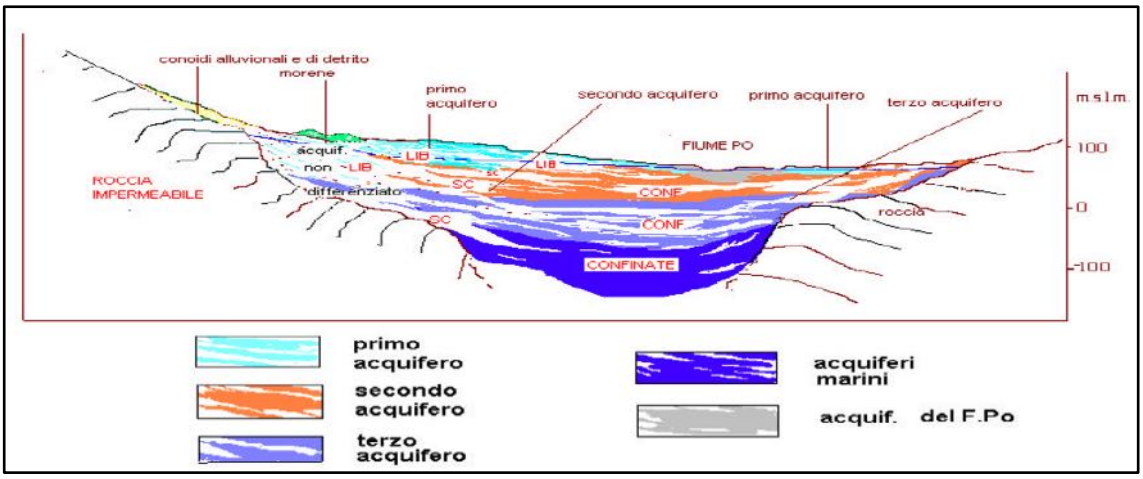


Fig 6 Sezione Nord-Sud del modello idrogeologico per la pianura lombarda

3.4.2. Serie Idrogeologica per la Media Pianura Lombarda

Considerando un'importante studio idrogeologico di Denti, Francani, Fumagalli, Pezzera e Sala la serie idrogeologica, proposta per la media pianura lombarda, individua le seguenti unità descritte dalle più vecchie alle più recenti:

Substrato roccioso indifferenziato: E' costituito da rocce del Mesozoico e Cenozoico che affiorano nei rilievi che bordano la pianura.

Litozona ad argille prevalenti: L'unità risulta costituita da argille e limi prevalenti, con intercalazioni sabbiose e ghiaiose, di origine per la maggior parte continentale. I livelli argillosi, talvolta molto continui lateralmente, definiscono una struttura idrogeologica denominata acquifero multistrato. I livelli più permeabili formano i cosiddetti acquiferi profondi che sono sede di falde confinate o semiconfinate, con potenzialità idrica molto ridotta. Gli acquiferi manifestano, in linea generale, una forma lenticolare; le ghiaie e le sabbie sono ovunque subordinate ai terreni coesivi, che hanno spesso una caratteristica colorazione grigio-azzurra. A questa unità difatti appartengono anche i sedimenti del Pleistocene inferiore e Pliocene superiore di origine marina (contenenti anche macrofaune fossili), i quali hanno litologia e comportamento idrogeologico analogo a quello dei sedimenti continentali summenzionati. Dal punto di vista stratigrafico, dunque, inferiormente i dati paleontologici indicano un ambiente deposizionale lagunare e marino, con presenza di fossili di tali ambienti mentre superiormente i depositi appartenenti alla litozona in argomento sono di origine continentale e contengono livelli di torbe, espressione di sedimentazione palustre di età villafranchiana (Pleistocene inferiore). Talora tali acquiferi, che stratigraficamente

si trovano al disotto dei conglomerati variamente fessurati della formazione del Ceppo, assumono una certa importanza in quanto vengono raggiunti da pozzi profondi, destinati all'emungimento di acque da adibire al consumo umano. I livelli argillosi della litozona ad argille prevalenti proteggono difatti la falda dalla percolazione di eventuali inquinanti, mentre le falde superficiali talora risultano inquinate. In alcuni casi le condizioni naturali di degrado, la bassa trasmissività e la bassa velocità di ricarica delle falde ne riducono la possibilità di sfruttamento.

Litozona a conglomerati prevalenti: Si tratta di una successione di conglomerati compatti e fratturati, sabbie, arenarie e rare ghiaie, con intercalazioni argillose. Le alternanze di orizzonti conglomeratici e argillosi sono disposti senza un ordine o una successione preferenziale; verso l'alto prevale spesso una potente serie di depositi conglomeratici con locali intercalazioni di livelli argillosi. I conglomerati, appartenenti alla formazione del Ceppo (Pleistocene inferiore), rappresentano la principale roccia serbatoio. Le lenti ghiaioso-sabbiose presentano una considerevole estensione areale (fino a 2-3 km) e visto il loro discreto spessore costituiscono un corpo acquifero molto produttivo e sfruttato dai pozzi perforati. Tutto lo spessore dell'unità conglomeratica risulta caratterizzato da una marcata eterogeneità litologica che condiziona la circolazione idrica sotterranea. La permeabilità dei depositi conglomeratici è alquanto varia, influenzata dalla presenza di fratture e cavità di dissoluzione, dal grado di cementazione e dalla percentuale di sedimenti fini. Anche i valori di trasmissività e di porosità risultano variabili in funzione di tali condizioni e del grado di compattezza dei conglomerati. Essendo comunque lo spessore saturo mediamente superiore a 50 metri, la potenzialità idrica dell'acquifero del "Ceppo" è piuttosto elevata. I pozzi che lo captano presentano portate specifiche con valori compresi tra i 10 ed i 30 l/s*m; le portate minime sono correlate anche ad una diminuzione progressiva dello spessore del "Ceppo" conseguente ad un innalzamento dell'unità "Villafranchiana".

Litozona a ghiaie e sabbie a componente limosa: Questa unità ha un certo interesse pratico in quanto la litozona è costituita da depositi fluvioglaciali e fluviali del Riss e del Mindel (Pleistocene medio), che ospitano lenti ghiaioso-sabbiose di sensibile estensione anche se di spessore talora ridotto. Negli orizzonti a granulometria grossolana difatti si intercalano livelli sabbiosi, limosi e argillosi. Talvolta le ghiaie vengono cementate dall'acqua sotterranea e si presentano in forma di conglomerati.

Litozona a ghiaie e sabbie: Questa unità, in cui frequentemente si rinviene la falda freatica, è costituita dalle ghiaie e dalle sabbie dei sedimenti alluvionali recenti e di quelli fluvioglaciali würmiani contraddistinti da caratteristiche di permeabilità elevata.

3.4.3. Caratterizzazione Idrogeologica nel Territorio Comunale

Dallo studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale è possibile riportare la seguente schematizzazione per le falde idriche del sottosuolo di Settimo Milanese:

- prima falda: di tipo freatica, non confinata, a profondità di circa 2.00÷10.00 m dal p.c, contenuta a letto dai depositi a bassa permeabilità individuati nei primi venti metri di sottosuolo.Date tali condizioni geometriche la prima falda è assimilabile ad un acquifero libero monostrato;

- seconda falda: semiartesiana compresa fra 20.00/40.00 m ed i 110.00/120.00 m dal p.c, contenuta entro i sedimenti permeabili sabbioso-ghiaiosi, appartenenti alla II Litozona, separati da livelli impermeabili con discreta continuità laterale. Nel suo complesso la seconda falda è definibile come acquifero semiartesiano multistrato.
- terza falda: compresa fra 120.00 e circa 200.00 m dal p.c, costituita dai livelli acquiferi prevalentemente sabbiosi intercalati a potenti orizzonti impermeabili appartenenti alla Litozona argillosa-limosa, è assimilabile ad un unico acquifero multistrato in pressione.

Profondità dal p.c.	Litologia prevalente	Idrogeologia
ACQUIFERO TRADIZIONALE da p.c. a -10m / -20m	ghiaie e sabbie; limi argillosi	saturo, molto permeabile
da -20m / -40m a -60m / -80m	ghiaie e sabbie	saturo, molto permeabile
da -60 m / -80 m a 110 m /-120 m	argille e limi	saturo, poco permeabile
ACQUIFERO PROFONDO	da 110 m -120 m a -220 m alternanza di orizzonti decametrici costituiti da: argille, sabbie e ghiaie	impermeabile (argilla); molto permeabile (sabbia e ghiaia)

Fig. 7: Schema assetto idrogeologico per Settimo Milanese (Venegoni 2009)

3.4.4. Piezometria e Soggiacenza Della Falda Acquifera

Sempre dallo studio della Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale si ricavano le seguenti indicazioni:

- la soggiacenza della falda in territorio comunale decresce da Nord-Ovest verso Sud est, con valori compresi tra i 7.00 m (confine comunale con Cornaredo) ed i 2.50 m (località ex Cave di Monzoro);
- la quota piezometrica in territorio comunale di Settimo Milanese risulta compresa tra i 135.00 m ed i 120.00 m s.l.m., con valori decrescenti da Nord-Ovest verso Sud;
- il gradiente della falda freatica risulta relativamente costante, con valori medi pari a 0.30%;
- procedendo da ovest verso est si evidenzia come il deflusso delle acque sotterranee si sviluppi secondo una direzione media da Nord Nord-Ovest – Sud Sud-Est ad una direzione di deflusso Nord Oste – Sud Est

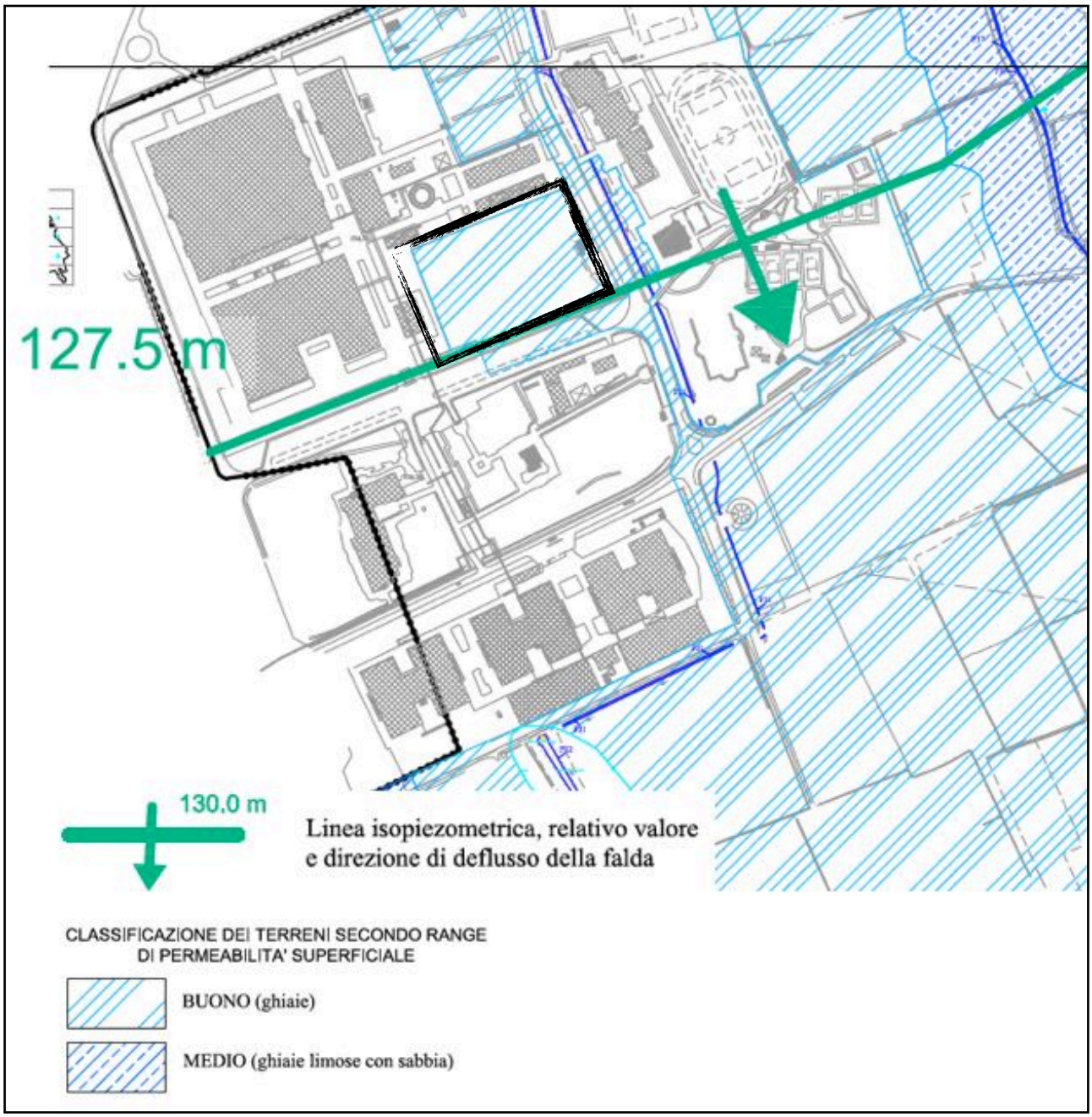


Fig. 8: Estratto dalla carta idrogeologica del PGT comunale

4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

4.1. MACROZONAZIONE SISMICA

Considerando la D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d) il comune di Settimo Milanese è classificato in quarta zona sismica (Zona 4) con un valore dell'accelerazione orizzontale massima (Ag_{Max}) su suolo di categoria A pari a 0,044794g.

4.2. CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO

Per la classificazione del sito e determinare l'eventuale amplificazione sismica, le norme tecniche sulle costruzioni (NTC 2018), riprendendo quanto riportato nell'Eurocodice 8 (con particolare riferimento alla prima parte EN1998-1 in cui si definiscono le regole generali, le azioni sismiche e regole specifiche per edifici).

Classe	**Descrizione**
A	Ammassi rocciosi o terreno molto rigidi caratterizzati da velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere o depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un migliortamento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra i 360 m/s e 800 m/s
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresa tra 180 m/s e 360 m/s
D	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresa tra 100 m/s e 180 m/s
E	Terreni con caratteristiche e valore di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore ai 30 metri.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio VS,eq (m/s) definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N Numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/sec.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,i}$ e definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo H=30 nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Considerando i risultati delle MASW eseguite nel 2018 (MGS S.r.l.s.) e 2020 (Geoser Srl) i terreni di fondazione, con una $V_{S,eq}$ compresa tra i 287 ed i 321 m/sec,

appartengono alla classe C ovvero: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresa tra 180 m/s e 360 m/s.

5. PERICOLOSITÀ SISMICA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli stati limite che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la vita nominale dell'opera, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare il periodo di riferimento;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative probabilità di superamento è possibile stabilire il periodo di ritorno associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la pericolosità sismica di base per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

5.1. VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$V_R = V_N * C_u$

dove

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N, secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 1 Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo:

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab. 1: Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

Nel caso specifico V_N = 50 anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso.

Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici di tipo agricoli. C_U = 0.7;
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. C_U = 1.0;
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. C_U = 1.5;
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. C_U = 2.0;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la classe d'uso III a cui è associato il coefficiente d'uso C_U = 1,5.

Ricavati i valori di V_N e C_U, è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R, che qui vale:

V_R = 50 * 1,5 = 75 anni.

5.2. STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI RITORNO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono stati limite di esercizio (SLE) e due sono stati limite ultimi (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare

la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento P_{VR} (Tabella 2), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	**P_{VR} = 81%**
Stato limite di esercizio: danno	SLD	**P_{VR} = 63%**
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	**P_{VR} = 10%**
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	**P_{VR} = 5%**

Tab. 2: Stati limite e rispettive probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R, espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln\left(1 - P_{VR}\right)}$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è V_R = 75 anni, il tempo di ritorno T_R si ricava dalla tabella 3:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	**T_R = 45**
Stato limite di esercizio: danno	SLD	**T_R = 75**
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	**T_R = 712**
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	**T_R = 1462**

Tab. 3: Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

5.3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A delle NTC08:

- a_g = accelerazione orizzontale massima;
- Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

- ag, il valore previsto dalla pericolosità sismica S1
- Fo e TC* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC18 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabelle contenute nell'Allegato B delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Fig. 9), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) * \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) * \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_{1,2}$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1,2}$.

Per un punto del non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$P = \frac{\sum_{I=1}^{4} \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{I=1}^{4} \frac{1}{d_i}}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell'i-esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo vertice della suddetta maglia.

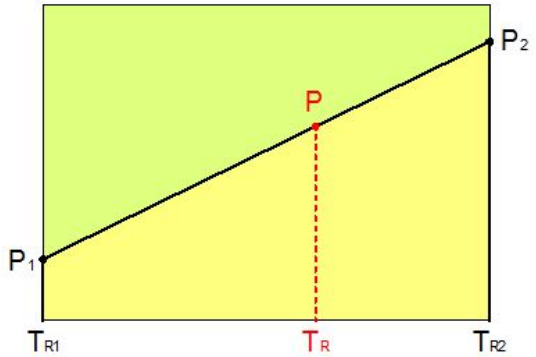


Fig. 9: Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Fig. 10

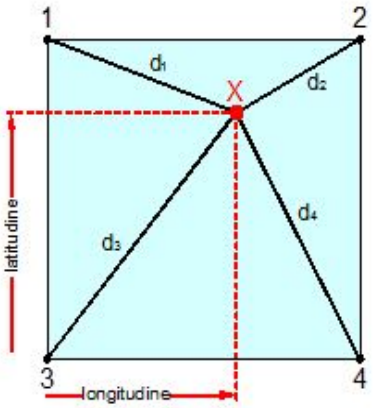


Fig. 10: Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC18, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R * ar\cos\left[\sin\left(lat\beta\right) * \sin\left(lat\alpha\right) + \cos\left(lat\beta\right) * \cos\left(lat\alpha\right) * \cos\left(lon\alpha - lon\beta\right)\right]$$

dove R = 6371 è il raggio medio terrestre in km, mentre latα, lonα, latβ e lonβ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di ±0,01g ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

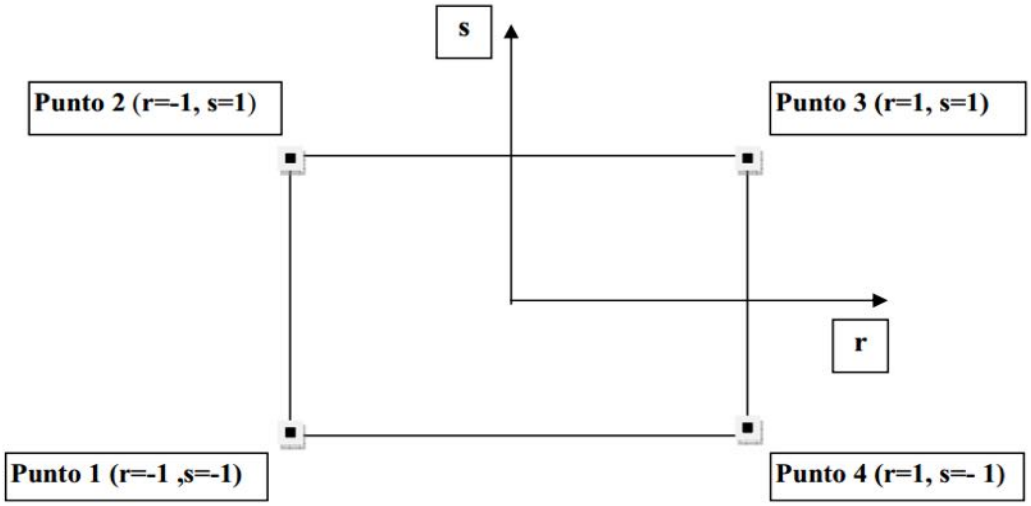


Fig. 11: Applicazione dell'interpolazione bilineare

Definiti i 4vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = \left(1-r\right) * \left(1-s\right) / 4 \quad h_2 = \left(1-r\right) * \left(1+s\right) / 4 \quad h_3 = \left(1+r\right) * \left(1+s\right) / 4 \quad h_4 = \left(1+r\right) * \left(1-s\right) / 4$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le relazioni seguenti:

$$4x = \sum_{i=1}^{4} h_i * x_i = \left[\left(1-r\right) * \left(1-s\right) * x_1 + \left(1-r\right) * \left(1+s\right) * x_2 + \left(1+r\right) * \left(1+s\right) * x_3 + \left(1+r\right) * \left(1-s\right) * x_4\right]$$

$$4y = \sum_{i=1}^{4} h_i * y_i = \left[(1-r)*(1-s)*y_1 + (1-r)*(1+s)*y_2 + (1+r)*(1+s)*y_3 + (1+r)*(1-s)*y_4\right]$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri ag, F0, Tc* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^{4} h_i * p_i = \left[(1-r)*(1-s)*p_1 + (1-r)*(1+s)*p_2 + (1+r)*(1+s)*p_3 + (1+r)*(1-s)*p_4\right]$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5.4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

5.4.1. Coefficienti Sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})}$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.4.2. Stabilità dei Pendii e Fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s * \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \quad k_v = \pm 0{,}5 * k_h$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 4 seguente:

	Categoria di sottosuolo	
	A, B	**C, D, E**
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0,28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$a_{max} = S_s * S_T * a_g$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_s \leq 1.80$) è funzione di F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto ag/g.

S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche: T1: $S_T = 1.0$; T2: $S_T = 1.20$; T3: $S_T = 1.20$; T4: $S_T = 1.40$.

5.4.3. Fronti di Scavo e Rilevati

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come:

$$F_h = k_h * W \text{ ed } F_v = k_v * W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

5.5. RISULTATI

5.5.1. Pericolosità Sismica di Base

Vita nominale (Vn): 50[anni]

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso (Cu): 1,50

Periodo di riferimento (Vr): 75[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 45[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 75[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 712 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 14620 [anni]

Coordinate geografiche del punto in posizione baricentrica dell'area di progetto:

Latitudine (WGS84): 45,4753304 [°]

Longitudine (WGS84): 9,0376215 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame:

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	12258	45,451570	9,004113	3848,35
2	12259	45,454180	9,075212	3761,06
3	12037	45,504120	9,071400	4012,07
4	12036	45,501500	9,000316	4101,10

Parametri di pericolosità sismica per T_R diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento:

Punto1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,02	2,523	0,183
SLD	75	0,025	2,584	0,198
SLV	712	0,047	2,708	0,295
SLC	1462	0,056	2,786	0,312

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,021	2,532	0,183
SLD	75	0,026	2,588	0,2
SLV	712	0,05	2,703	0,292
SLC	1462	0,059	2,773	0,309

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,021	2,53	0,183
SLD	75	0,026	2,587	0,198
SLV	712	0,049	2,706	0,293
SLC	1462	0,058	2,775	0,31

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,02	2,529	0,183

SLD	75	0,024	2,582	0,196
SLV	712	0,046	2,703	0,296
SLC	1462	0,055	2,78	0,314

Punto d'indagine in posizione baricentrica dell'area di progetto

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,02	2,528	0,183
SLD	75	0,025	2,585	0,198
SLV	712	0,048	2,705	0,294
SLC	1462	0,057	2,779	0,312

5.5.2. Pericolosità Sismica di Sito

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2):1,000

Categoria sottosuolo:

C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresa tra 180 m/s e 360 m/s

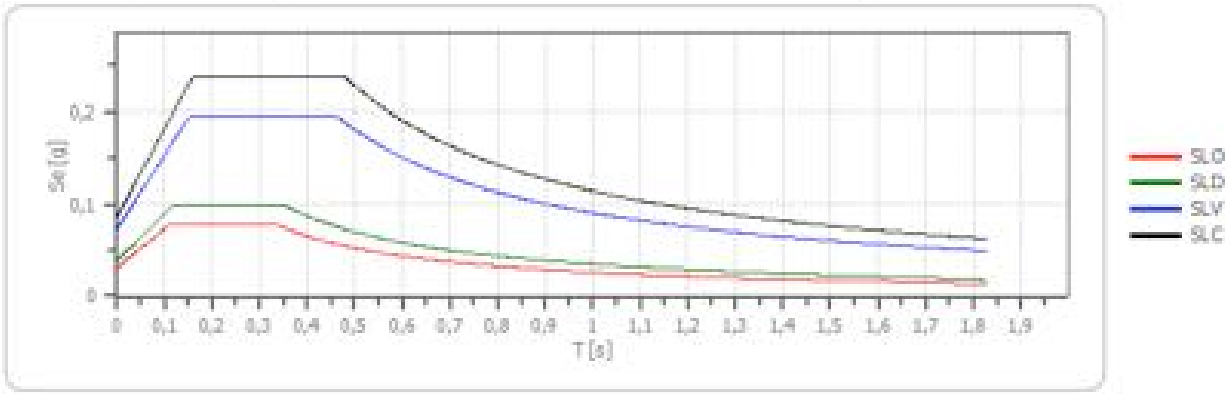
Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media ≦15°

5.5.2.1. <u>Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni</u>

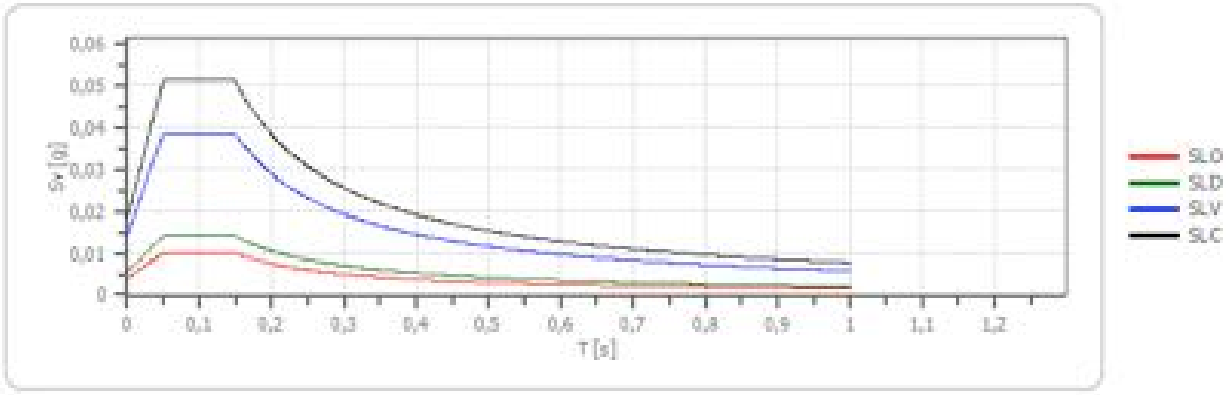
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,006	0,008	0,014	0,017
k_v	0,003	0,004	0,007	0,009
a_{max} [m/s²]	0,301	0,372	0,708	0,839
Beta	0,2	0,2	0,2	0,2

5.5.2.2. <u>Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali</u>



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	S_T [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,5	0,020	2,528	0,183	1,5	1,840	1,000	1,50	1,000	0,112	0,336	1,682	0,031	0,078
SLD	1,5	0,025	2,585	0,198	1,5	1,790	1,000	1,50	1,000	0,118	0,355	1,701	0,038	0,098
SLV	1,5	0,048	2,705	0,294	1,5	1,570	1,000	1,50	1,000	0,154	0,462	1,792	0,072	0,195
SLC	1,5	0,057	2,779	0,312	1,5	1,540	1,000	1,50	1,000	0,160	0,480	1,828	0,086	0,238

5.5.2.3. Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	S_T [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,5	0,020	2,528	0,183	1	1,840	1,00	1,00	1,000	0,050	0,150	1,000	0,004	0,010
SLD	1,5	0,025	2,585	0,198	1	1,790	1,00	1,00	1,000	0,050	0,150	1,000	0,005	0,014
SLV	1,5	0,048	2,705	0,294	1	1,570	1,00	1,00	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,039
SLC	1,5	0,057	2,779	0,312	1	1,540	1,00	1,00	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,051

6. PERICOLOSITÀ SISMICA AI SENSI DELLA DGR IX/2616 DEL 30.11.2016

Considerando il primo livello di approfondimento previsto dalla DGR IX/2616, per l'area di progetto in Settimo Milanese, si considerano scenari di pericolosità sismica del tipo z4a, ovvero zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluviali-glaciali granulari e/o coesivi. Per queste zone si prospettano possibili amplificazioni litologiche e geometriche.

Per queste aree il Fattore d'amplificazione (FA), da definirsi con uno studio di secondo livello, deve rientrare per il comune di Settimo Milanese nei seguenti limiti per terreni di tipo C:

valore di soglia per un periodo compreso tra 0,1 e 0,5 sec:

1,9

valore di soglia per un periodo compreso tra 0,5 e 1,5 sec:

2,4

Si ricorda che uno studio di secondo livello prevede una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione sismica individuando quelle aree dove la normativa nazionale non è sufficiente a salvaguardare dagli effetti dell'amplificazione

sismica locale, ovvero quelle zone dove il fattore di amplificazione Fa calcolato è superiore al valore Fa di soglia fornito per il comune dal Politecnico di Milano. In queste aree bisogna procedere con gli approfondimenti di terzo livello, oppure usare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

6.1. ANALISI DI SECONDO LIVELLO

6.1.1. Profilo Sismico di Riferimento

Di seguito si riporta il profilo elaborato della MASW eseguita nel 2018 con la quale si è calcolato il Fattore d'amplificazione (si ricorda che qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore ai 4 metri, per la scelta della curva si utilizza lo strato superficiale equivalente, a cui si assegna una velocità Vs calcolata come media pesata del valore di Vs degli strati superficiali la cui somma supera lo spessore di 4 metri). Come indicato nella DGR IX/2616 non avendo raggiunto il substrato sismico (vs>800 m/sec) è stata determinata una linea di tendenza del vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine MASW, tale da raggiungere gli 800 m/sec.

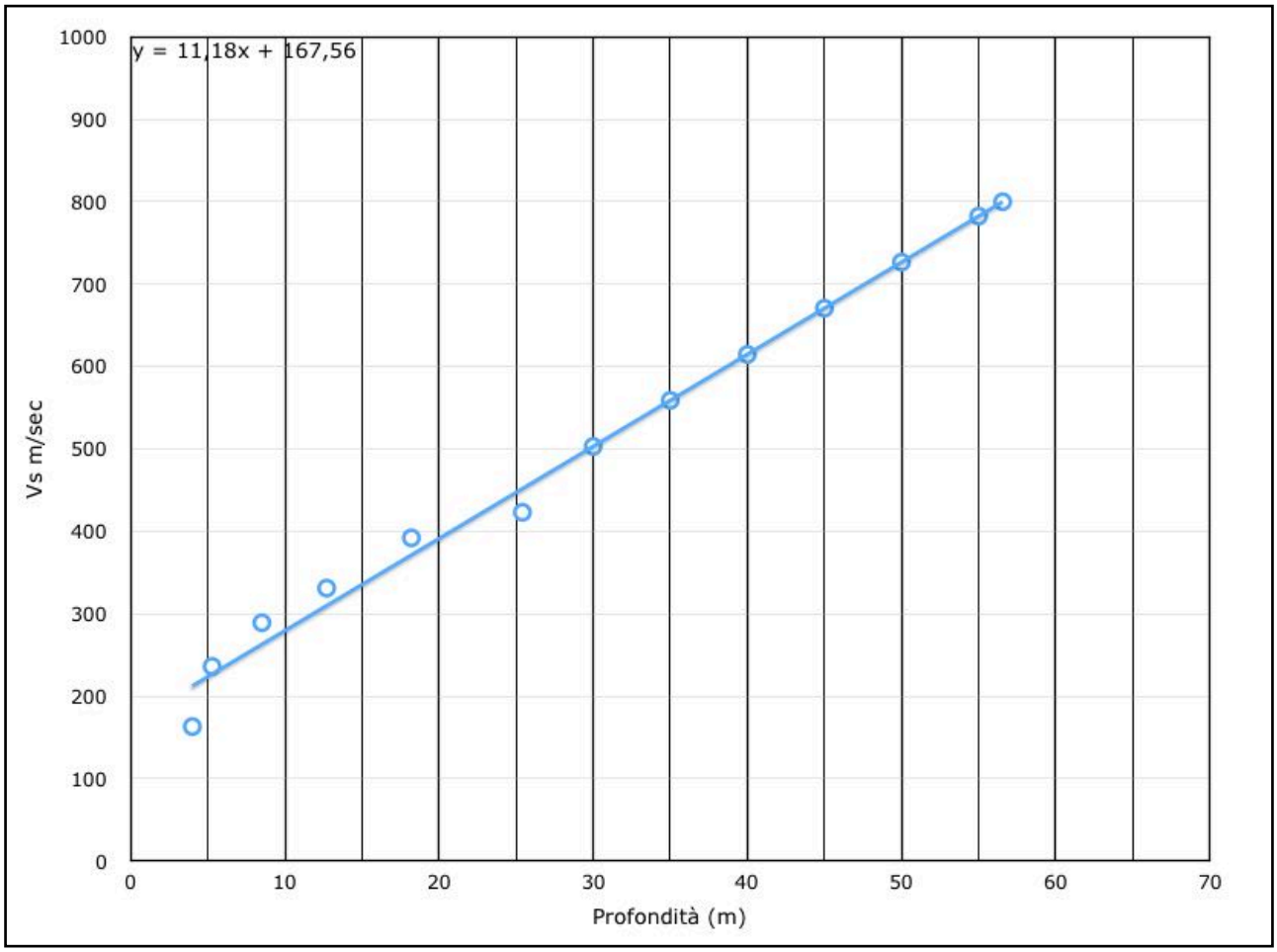


Fig. 12: Linea di tendenza delle Vs con la profondità

0.00 ÷ 4.00 m	Strato 1	Vs_{equ} 163 m/sec
4.00 ÷ 5,30 m	Strato 2	Vs_{equ} 236 m/sec
5,30 ÷ 8,50 m	Strato 3	Vs_{equ} 289 m/sec
8,50 ÷ 12,70 m	Strato 4	Vs_{equ} 331 m/sec

12,70 ÷ 18,20 m	Strato 5	Vs_{equ} 392 m/sec
18,20 ÷ 24,40 m	Strato 6	Vs_{equ} 423 m/sec
24,40 ÷ 30,00 m	Strato 7	Vs_{equ} 503 m/sec
12,70 ÷ 18,20 m	Strato 8	Vs_{equ} 559 m/sec
18,20 ÷ 24,40 m	Strato 9	Vs_{equ} 615 m/sec
24,40 ÷ 30,00 m	Strato 10	Vs_{equ} 671 m/sec
12,70 ÷ 18,20 m	Strato 11	Vs_{equ} 725 m/sec
18,20 ÷ 24,40 m	Strato 12	Vs_{equ} 782 m/sec

In rosso i valori estrapolati con l'equazione Y=11,18*X+167,56

6.1.2. Periodo Proprio di Sito

Il periodo proprio del sito T viene calcolato con la formula seguente considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o maggiore a 800 m/s.

$$T = \frac{4 * \sum_{i=1}^{n} h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Vs_i * h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} \right)}$$

Da cui T=0,44

6.1.3. Calcolo del Fattore d'Amplificazione

Il FA viene calcolato seguendo le metodologie della D.G.R. IX 2616/2011. Dall'andamento delle $V_{s,equ}$ con la profondità e considerando la natura stratigrafica dei terreni indagati per il calcolo del FA si è scelta la scheda sabbiosa con la curva 2 (Fig. 14).

Le verifiche della validità riguardo alla scelta di tale scheda, fatte in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità è riportata in Fig. 13

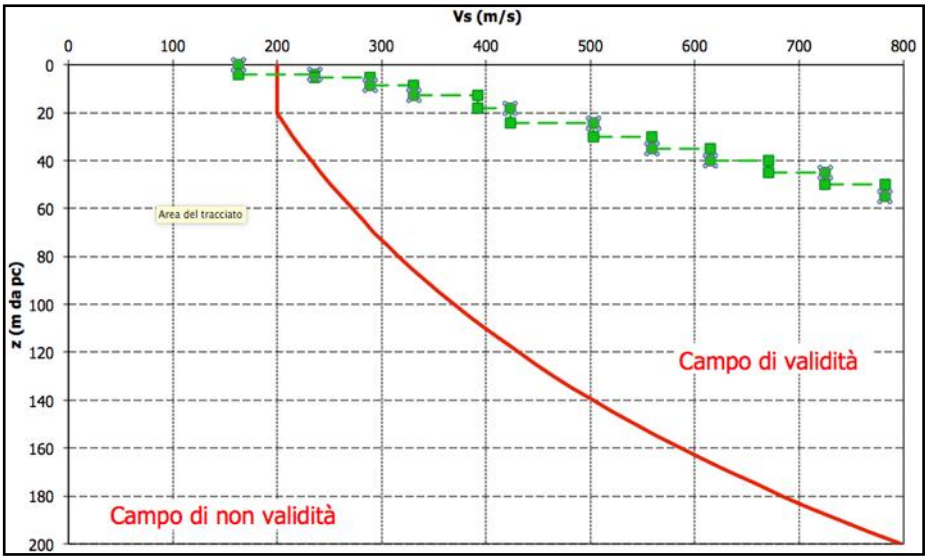


Fig. 13: Grafico della verifica di validità della scheda sabbiosa

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:
Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

NOTE:
Comportamento granulare
Struttura granulo-sostenuta
Clasti con D_{max} > 20 cm inferiori al 15%
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO

ANDAMENTO DELLE Vs CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA

CAMPO DI VALIDITA'

CAMPO DI NON VALIDITA'

$$V_s = 171\, e^{0.0077\, Z}$$

Profondità primo strato (m)

Velocità primo strato (m/s)

ove
la sigla NA indica *Fa* = 1

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media Vs minore o uguale a 300 m/s poggiante su strato con velocità maggiore di 500 m/s

Vs < 300 m/s
Vs > 500 m/s
0
5 - 12 m

Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s

curva 1
curva 2
curva 3

Correlazione T - Fa (0.5-1 s)

curva 2-3
curva 1

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \le T \le 0.50$	$0.50 < T \le 1.00$	$T > 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.21\,T^3 + 7.79\,T + 0.76$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \le T \le 0.45$	$0.45 < T \le 0.80$	$T > 0.80$
	$Fa_{0.1-0.5} = -8.65\,T^2 + 5.44\,T + 0.84$	$Fa_{0.1-0.5} = 0.93 - 0.88 \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \le T \le 0.40$	$0.50 < T \le 0.55$	$T > 0.55$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.68\,T^2 + 4.77\,T + 0.86$	$Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva		
1	$0.08 \le T \le 1.80$	
	$Fa_{0.5-1.0} = 0.57\,T^3 - 2.18\,T^2 + 2.38\,T + 0.81$	
2 3	$0.08 \le T < 0.80$	$0.80 \le T \le 1.80$
	$Fa_{0.5-1.0} = -6.11\,T^3 + 5.79\,T^2 + 0.44\,T + 0.93$	$Fa_{0.5-1.0} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Fig. 14: Scheda sabbiosa (DGR 30 novembre 2011 - n. IX/2616).

Nella tabella seguente si riassumono i valori di FA calcolati:

	$T_{0,1-0,5}$	$T_{0,5-1,5}$
FAC	1,56	1,72

Considerando la tolleranza di +0,1, si osserva che per entrambi i periodi $T_{0,1-0,5}$ e $T_{0,5-1,5}$, la normativa nazionale è sufficiente a salvaguardare dagli effetti dell'amplificazione sismica locale, ed è possibile quindi utilizzare la classe C.

7. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA CON IL PGT

Per la verifica della compatibilità geologica e idrogeologica con il PGT comunale sono state analizzate la carta dei vincoli e la carta della Fattibilità geologica

7.1. CARTA DEI VINCOLI

Nel territorio del Comune di Settimo milanese sono vigenti i seguenti vincoli fisico-ambientali:

- L. 523/1904 E S.M.I.
  Il Regio Decreto n.523 del 1904, "Testo Unico sulle opere idrauliche", ha costituito storicamente la principale norma di riferimento per regolamentare le attività di polizia idraulica. Il decreto indica, all'interno di ben definite fasce di rispetto dei corsi d'acqua pubblici, le attività vietate (art.96), quelle consentite previa autorizzazione (artt. 97, 98) o nulla osta idraulico (art. 59).
  L'art.3, comma 144 della L.R. 1/2000, in attuazione al d.lgs. n. 112/98 stabilisce che "ai comuni siano trasferite le funzioni relative all'adozione dei provvedimenti di Polizia Idraulica concernenti il Reticolo Idrico Minore", previa individuazione da parte della Regione Lombardia del reticolo idrico principale, sul quale essa mantiene la competenza.
  La D.G.R. 7/7868 del 25 gennaio 2002 e le modifiche introdotte dalla successiva D.G.R 1 agosto 2003 n.13950. costituisce l'attuale normativa di riferimento in quanto:
  - Definisce il reticolo idrico principale e fornisce un elenco dei corsi d'acqua che lo
  - costituiscono (allegato A);
  - stabilisce i criteri per la definizione del Reticolo Idrico Minore e i criteri per l'esercizio dell'attività di Polizia Idraulica di competenza comunale (allegato B);
  - determina i canoni regionali di Polizia Idraulica (allegato C);
  - ndividua il reticolo dei corsi d'acqua (canali di bonifica) gestiti dai Consorzi di Bonifica (allegato D), soggetti al R.d.368/1904.
- D.Lgs.258/2000 e DGR 7/12693/03
  Il D.Lgs 258/2000 contiene le disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs 11 Maggio 1999 n.152 in materia di tutela delle acque dall'inquinamento.
  La DGR 7/12693 del 2003 costituisce la normativa regionale in merito alla disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano.
  Nel territorio comunale sono presenti n.8 pozzi ad uso idropotabile; tutti i pozzi hanno fascia di tutela assoluta di raggio pari a 10 m e fascia di rispetto geometrica

di raggio 200m ad eccezione del pozzo doppia colonna n. 69-70 riperimetrata con criterio idrogeologico.

- L.R. n° 27 del 28.10.2004 e s.m.i.
  La L.R. n° 27 del 28.10.2004, "Tutela e valorizzazione delle superfici, del paesaggio e dell'economia forestale" sostituisce la L.R. 8/1976 e la L.R. 80/1989.
  La L.R. 27/2004 è stata successivamente modificata ed integrata dalla L.R. 7 febbraio 2006 n. 3, dalla L.R. 27 febbraio 2007 n. 5 e dalla L.R. 31 luglio 2007 n. 18.
- PARCO AGRICOLO SUD MILANO – P.T.C.
  I vincoli normativi si riconducono a quanto indicato dal "PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DEL PARCO AGRICOLO MILANO " (P.T.C.) del 18 Ottobre 1993. Nell'ambito della partizione generale dei territori del parco il territorio comunale di Settimo Milanese risulta parzialmente in "AREA ESTERNA AL PARCO" e parzialmente in "TERRITORI AGRICOLI CINTURA METROPOLITANA".
  Nell'ambito di questi ultimi vengono ulteriormente individuati "ambiti", "zone" ed "elementi puntuali" che vengono sottoposti ad ulteriori specifici regimi normativi.

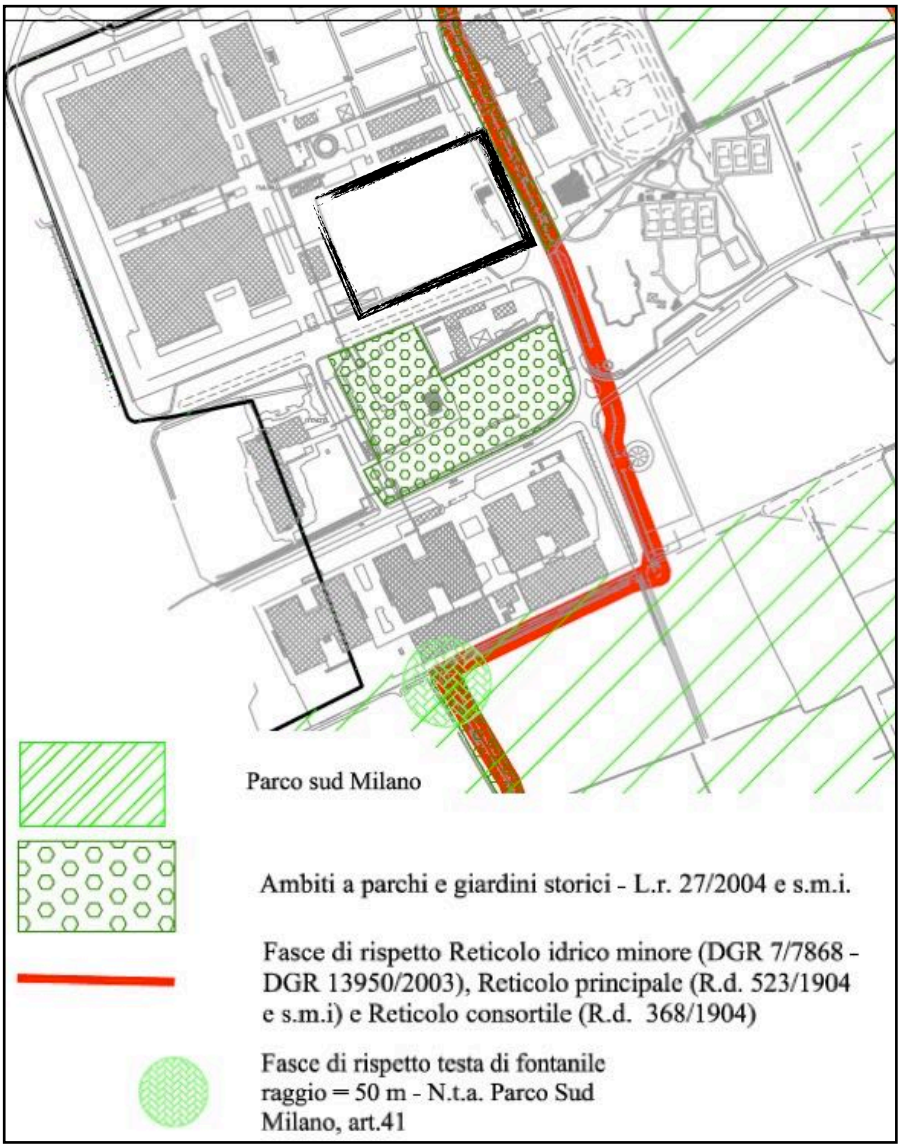


Fig. 15: Estratto dalla carta dei vincoli del PGT comunale

Dalla fig. 15 è possibile osservare come per l'area di progetto non esistano vincoli fisico ambientali imposti.

7.2. CARTA DELLA FATTIBILITÀ PER LE AZIONI DI PIANO

Dalla carta di Fig. 16 è possibile osservare che l'area di progetto ricade in classe di Fattibilità 2 ovvero classe con modeste limitazioni alle variazioni di destinazione d'uso del suolo.

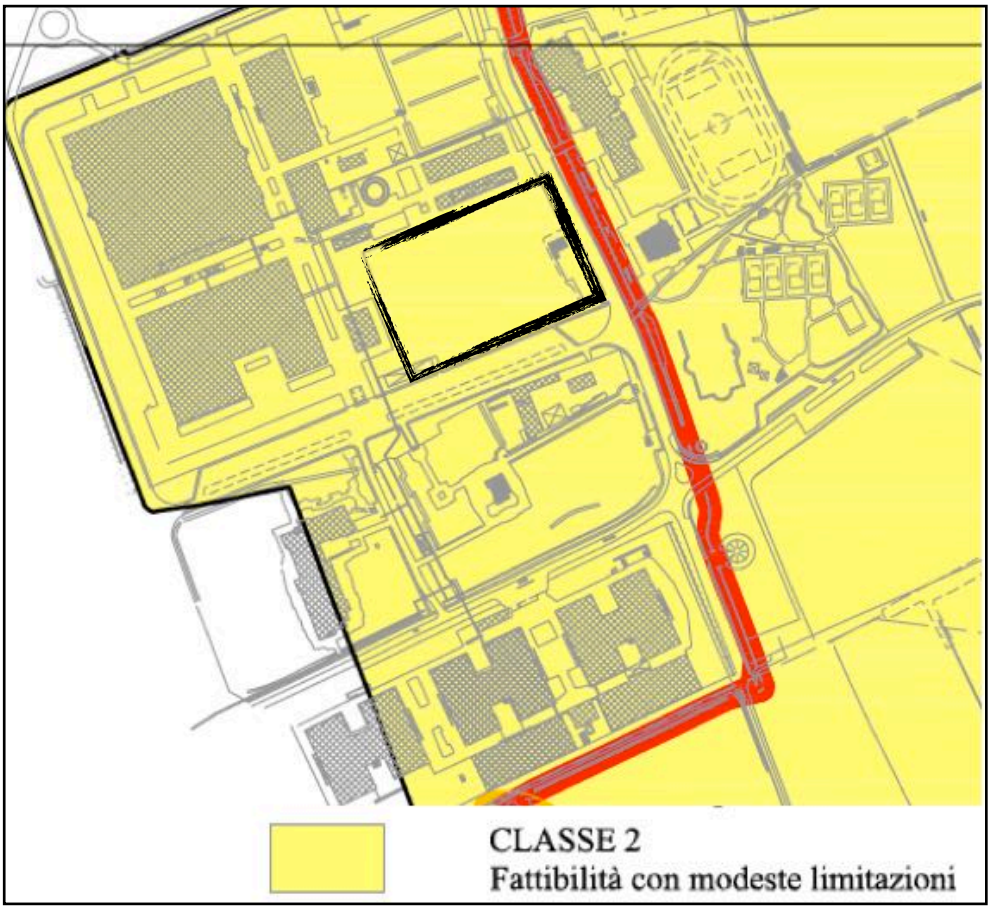


Fig. 16: Estratto dalla carta di Fattibilità geologica del PGT comunale

Il territorio in CLASSE 2 presenta problematiche relative alla vulnerabilità idrogeologica MEDIO-ELEVATA ed alle caratteristiche geotecniche che assumono diversa valenza in funzione delle destinazioni d'uso.

In ambito urbano ed extra urbano dovranno essere valutate le possibili interazioni fra gli insediamenti industriali e le acque sotterranee, soprattutto in relazione alla presenza di pozzi per uso idropotabile.

Dovranno inoltre, essere valutate singolarmente le condizioni geotecniche locali ai fini di una corretta progettazione in ottemperanza al D.M. 14.09.05 (Norme tecniche per le costruzioni), tenuto presente che gli orizzonti superficiali presentano spesso caratteristiche geotecniche mediocri.

In presenza di condizioni geotecniche particolarmente sfavorevoli si dovrà valutare l'opportunità di eseguire il calcolo dei cedimenti relativi ed assoluti.

Dalle Norme geologiche di piano per la classe 2 valgono le seguenti prescrizioni:

Destinazioni d'uso:

In ambito urbano, quanto previsto dallo strumento urbanistico e relative varianti;

Indagini e studi:

Quanto previsto dal D.M. 14.09.05 (Norme tecniche per le costruzioni) e successive modifiche per opere pubbliche e private; se necessario, valutazione dei cedimenti relativi ed assoluti per i terreni di fondazione.

Opere di riduzione del rischio:

In ambito urbano allacciamento alla rete fognaria delle porzioni non ancora servite, censimento e bonifica dei pozzi perdenti al fine della diminuzione del grado di Rischio idrogeologico;

In ambito industriale, allacciamento alla rete fognaria delle porzioni non ancora servite, censimento e bonifica dei pozzi perdenti al fine della diminuzione del grado di Rischio idrogeologico;

I nuovi insediamenti civili ed industriali dovranno prevedere il recapito delle acque nere in fognatura;

8. INDAGINI DI SITO E DI LABORATORIO

Come anticipato nel 2018, a supporto del progetto per il nuovo Data Center Building 1, sono state eseguite indagini di sito e di laboratorio integrate da nuove indagini di sito eseguite nel 2019. Dalla fig. 17 è possibile osservare come queste indagini siano funzionali anche per la progettazione del Building 2. Da ultimo, a queste due prime fasi d'indagini, si è aggiunta una terza eseguita nel maggio del 2020.

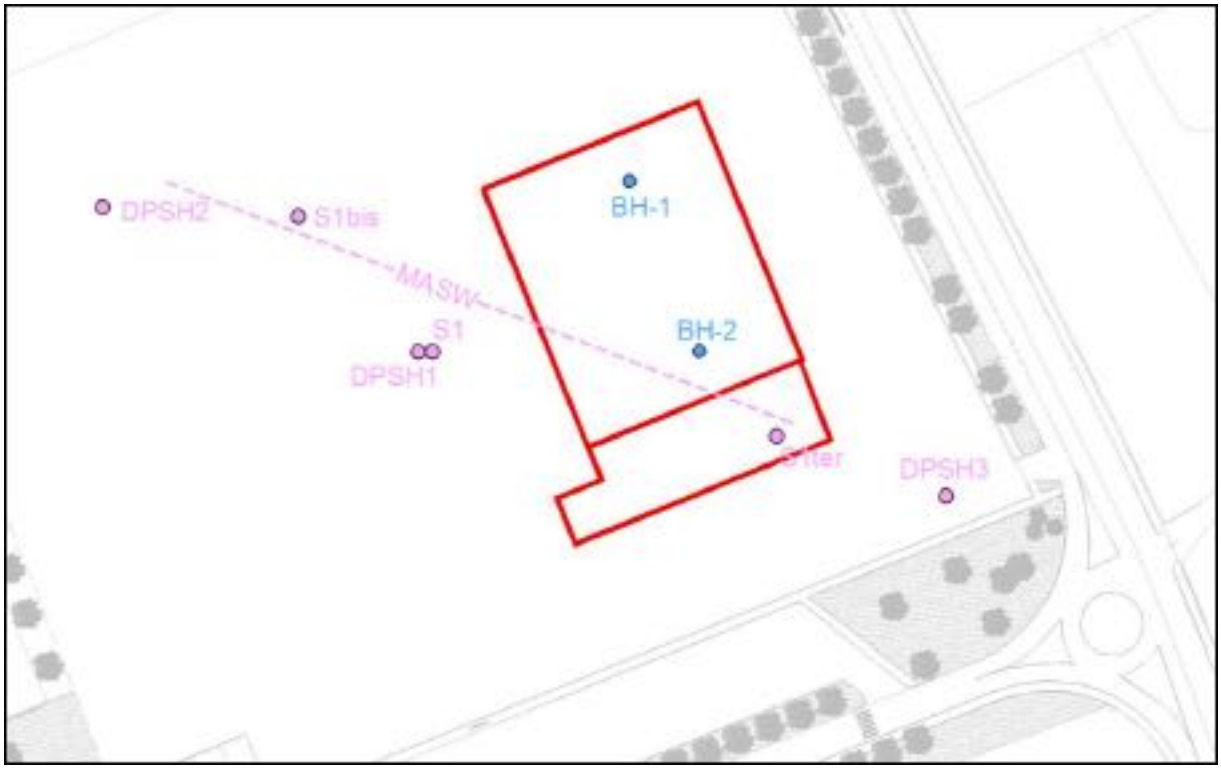


fig. 17: Ubicazione delle indagini di sito eseguite nel 2018 e 2019

8.1. INDAGINI DI SITO E LABORATORIO 2018

Eseguite dalla MGS Srls si sono composte delle seguenti attività:

8.1.1. Indagini di Sito

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo denominato S1 che ha raggiunto una profondità di 30 m dal p.c. Nel corso della perforazione sono state eseguite, a diverse profondità, venti prove penetrometriche dinamiche SPT e sono stati prelevati 10 campioni di terreno rimaneggiato per l'esecuzione delle prove di laboratorio. Al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato attrezzato con un piezometro del tipo tubo aperto fino ad una profondità di 20 metri.
- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, denominati S1bis e S1ter che raggiunti i 5 metri di profondità hanno verificato la natura litostratigrafica dei primi metri di profondità dei terreni di fondazione;
- n. 3 prove penetrometriche dinamiche continue del tipo SCPT che hanno raggiunto la profondità di 20 metri dal p.c.;
- n. 1 indagine sismica MASW per la definizione del profilo delle V_{sequ};

8.1.2. Indagini di Laboratorio

- N. 10 Analisi granulometriche per setacciatura umida (Gr);
- N. 5 Analisi granulometriche per sedimentazione (Sed);
- N. 5 Determinazione dei limiti di Atterberg (limiti LL-LP);
- N. 1 Prova di compressione edometrica (Edo)

Per una descrizione delle attrezzature impiegate, delle metodologie eseguite e dei risultati ottenuti si rimanda al citato Rapporto tecnico emesso dalla MGS S.r.l.s.

8.2. INDAGINI DI SITO 2019

Eseguite dalla Geoser Srl si sono composte delle seguenti attività:

8.2.1. Indagini di Sito

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo denominati BH-1 e BH-2 che hanno raggiunto una profondità di 30 m dal p.c. Nel corso della perforazione sono state eseguite, ad intervalli di 1,5 m, quaranta prove penetrometriche dinamiche SPT.

Per una descrizione delle attrezzature impiegate, delle metodologie eseguite e dei risultati ottenuti si rimanda al citato Rapporto tecnico emesso dalla Geoser S.r.l.

8.3. INDAGINI DI SITO 2020

Eseguite dalla Geoser Srl si sono composte delle seguenti attività:

8.3.1. Indagini di Sito

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo denominato S1 che ha raggiunto una profondità di 30 m dal p.c. Nel corso della perforazione sono state eseguite, ad intervalli di 1,5 m, venti prove penetrometriche dinamiche SPT.
- n. 1 indagine sismica MASW per la definizione del profilo delle V_{sequ};

Per una descrizione delle attrezzature impiegate, delle metodologie eseguite e dei risultati ottenuti si rimanda al citato Rapporto tecnico emesso dalla Geoser S.r.l.

8.4. PROFILO LITOSTRATIGRAFICO

L'analisi dei risultati delle indagini di sito e laboratorio restituisce il seguente profilo stratigrafico di riferimento a partire da uno zero che corrisponde alla quota di 135,00 m slm:

Riporto: in tutti i sondaggi è stata riscontrata la presenza di terreni di riporto con profondità variabili tra un minimo di circa 2.00m ed un massimo di circa 4.50m dal p.c. locale attuale. Detto terreno è costituito da sabbia medio-fine di colore grigio-nocciola con ghiaia e ciottoli sparsi (presenza di laterizi). Più nello specifico si può notare che nei sondaggi S1-S1bis e S1ter (eseguiti nella campagna del 2018 al di fuori dall'impronta dell'edificio) è stata anche rilevata la presenza di un livello di argilla limosa debolmente sabbiosa e torbosa poco consistente di colore grigio scuro inglobante laterizi probabilmente riconducibile al suolo vegetale inizialmente rimosso e successivamente riportato sul fondo dello scavo;

Ghiaia e sabbia: fino a 11÷12 m di profondità dal p.c. locale (esclusi riporti) si riscontra la presenza di sabbia media e grossa con ghiaia grossolana e rari ciottoli (diametro max. 30÷35mm) localmente limosa di colore grigio-nocciola. Lo stato di addensamento è modesto fino a circa 6m di profondità dal p.c. locale.

Sabbia fine con livelli limosi e passaggi ghiaiosi: oltre i 13÷14 m di profondità dal p.c. locale e fino alle massime profondità indagate (30 m) si riscontra la presenza di alternanze ghiaia e di sabbia da fine a media con passaggi decisamente più limosi nella fascia compresa tra 17.00 e 20.00 m dal p.c. locale nonché di un livello francamente argilloso tra 12 e 14m circa (vedere oltre). Il colore è generalmente nocciola e si riscontra la presenza di rari ciottoli arrotondati.

Limo argilloso: a profondità comprese nella fascia tra 12 a 14 m circa di profondità dal p.c. locale si incontra un livello di argilla limosa consistente (PP=1.8 kg/cm^2) di colore variabile dal nocciola al grigio- azzurro e di spessore variabile tra 1 e 3m.

8.5. LIVELLO PIEZOMETRICO

Come anticipato nel sondaggio S1 (MGS Srls - 2018) è stato installato un piezometro del tipo tubo aperto fino ad una profondità di 20,00 m dal p.c..

La lettura piezometrica di zero, indicata nel modulo stratigrafico, segnala una soggiacenza di 3,40 m dal p.c. con una quota assoluta della falda di 129,70 m slm considerando la quota CTR del pc corrispondente a 133,10 m slm.

Una seconda lettura in data 28.03.2019 individua la soggiacenza del primo acquifero a 4,50 m dal p.c.

Tale acquifero corrisponde alla prima falda contenuta nelle serie fluvioglaciali sabbiose limose ghiaiose.

9. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

La normativa esclude il pericolo di liquefazione quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

- profondità media stagionale della falda maggiore di 15m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituite da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N1_{60}$ > 30 oppure $qc1_N$ > 180, dove $N1_{60}$ è il valore della resistenza determinata da prove SPT normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa e dove $qc1_N$ è il valore della resistenza determinata da prove CPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in Figura 18 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc< 3,5 ed in Figura 18(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.

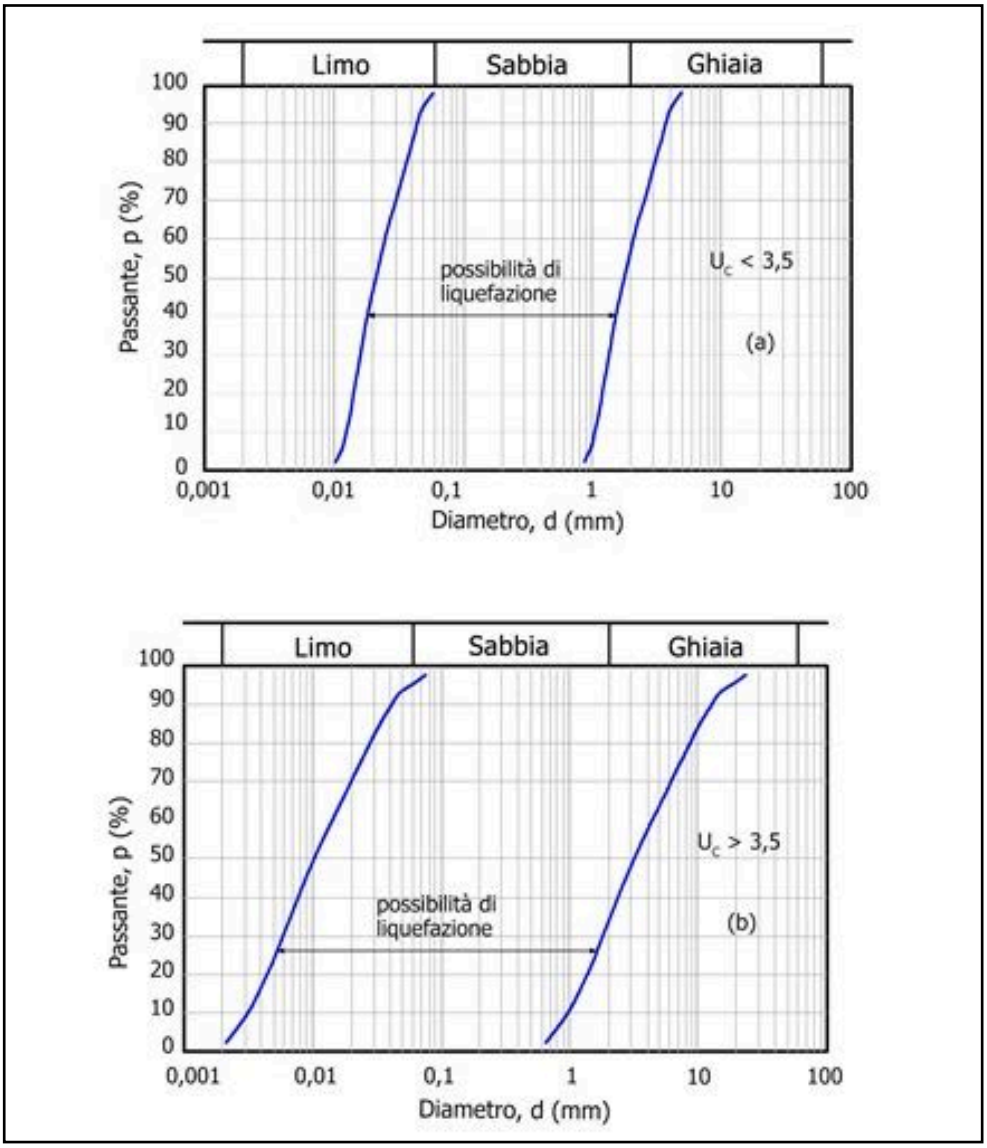


Fig. 18: fusi granulometrici

Considerando che la D.g.r. Lombardia 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art. 3, c. 108, lett. d) indica per il comune di Settimo Milanese una ag_{max} di 0,044794g inferiore al valore di 0,1g indicato dalle NTC 2018 la verifica alla liquefazione viene omessa.

10.CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

10.1. PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Di seguito si riassumono i principali parametri geotecnici caratteristici così come indicati nella relazione geotecnica edita da Ingegneri Consulenti Srl a supporto della progettazione dell'edificio Building 1 ML5:

Riporti:

verranno integralmente asportati in fase di scavo per la realizzazione delle fondazioni;

Ghiaia e sabbia fino a 6÷7m circa dal p.c. locale (esclusi riporti)

γ peso di volume:	18÷19 kN/m^3
D_R densità relativa:	30÷40 %
ϕ'_{cv}:	32÷34 °
c' coesione efficace:	0,00 kPa
$E'_{(0.01\%)}$ = modulo elastico per platee e pali:	10÷15 MPa
ν' = coefficiente di Poisson.	0.25÷0.30

Ghiaia e sabbia da 6÷7 m a 11÷12 m circa dal p.c. locale

γ peso di volume:	18÷19 kN/m^3
D_R densità relativa:	40÷50 %
ϕ'_{cv}:	32÷34 °
c' coesione efficace:	0,00 kPa
$E'_{(0.01\%)}$ = modulo elastico per platee e pali:	35÷40 MPa
ν' = coefficiente di Poisson.	0.25÷0.30

Sabbia fine e media limosa da 13÷14 m a 25÷26 m dal p.c. locale

γ peso di volume:	19÷20 kN/m^3
D_R densità relativa:	50÷60 %
ϕ'_{cv}:	30÷32 °
c' coesione efficace:	0,00 kPa
$E'_{(0.01\%)}$ = modulo elastico per platee e pali:	70÷80 MPa
ν' = coefficiente di Poisson.	0.25÷0.30

Argilla limosa tra 12 e 14 m dal p.c. locale

γ peso di volume:	20 kN/m^3
c_u resistenza al taglio non drenata:	80÷100 kPa
ϕ':	26÷28 °
c' coesione efficace:	0÷5 kPa
E_u modulo elastico i:	35÷45 MPa
M modulo edometrico (confinato drenato)	8÷10 MPa

Sabbia fine e media oltre 25÷26 m a 27÷28 m dal p.c. locale

γ peso di volume:	19÷20 kN/m^3
D_R densità relativa:	40 %
ϕ'_{cv}:	32÷34 °
c' coesione efficace:	0,00 kPa
$E'_{(0.01\%)}$ = modulo elastico per platee e pali:	45÷50 MPa
ν' = coefficiente di Poisson.	0.25÷0.30

Sabbia fine e media oltre 27÷28 m dal p.c. locale

γ peso di volume:	19÷20 kN/m^3
D_R densità relativa:	60÷70 %
ϕ'_{cv}:	32÷34 °
c' coesione efficace:	0,00 kPa
$E'_{(0.01\%)}$ = modulo elastico per platee e pali:	100÷120 MPa
ν' = coefficiente di Poisson.	0.25÷0.30

10.2. LIVELLO DI FALDA

Come già indicato la lettura di zero nel piezometro installato segnalava una soggiacenza di 3,40 m dal p.c.

Di seguito le tre letture eseguite nei mesi successivi:

28 marzo 2019 4,50 m dal p.c.

18 aprile 2019 4,60 m dal p.c.

30 maggio 2019 3,45 m dal p.c.

Tale acquifero corrisponde alla prima falda contenuta nelle serie fluvioglaciali sabbiose limose ghiaiose.

Arnaldo Zanchi Geologo